

# **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПОД ЗАКАЛКУ НА ФАЗОВЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЖАРОПРОЧНОМ СПЛАВЕ ТИТАНА VT18Y**

**Гадеев Д. В., Ключева С. Ю.**

*Руководители – доц., к.т.н. Илларионов А. Г., доц. к.т.н. Демаков С. Л.*  
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ имени первого президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург,  
[dr.kruft@gmail.com](mailto:dr.kruft@gmail.com)

Объектом исследования являлись фазовые и структурные превращения, протекающие в сплаве VT18Y при различных температурах нагрева под закалку. Материалом для исследования служили катаные прутки из указанного сплава, полученные с ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» диаметром 20 мм после прокатки в однофазной  $\beta$ -области и охлаждения на воздухе. Температура полного полиморфного превращения исследуемого сплава, определенная методом пробных закалок, составила 1015 °C.

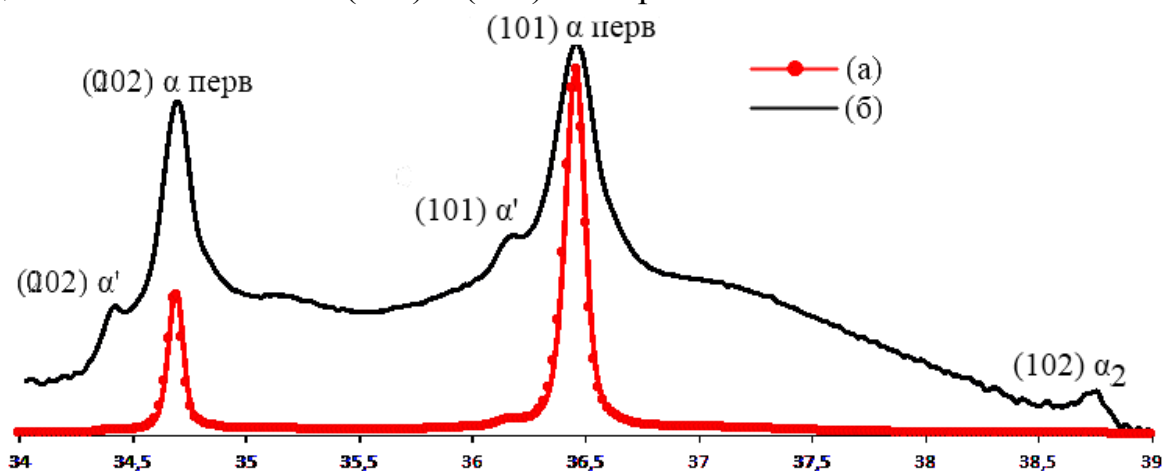
Для определения фазового состава исследуемых образцов использовался метод рентгеноструктурного фазового анализа (РСФА). Для съемки дифрактограмм использовался рентгеновский дифрактометр «Bruker Advance-D8» с напряжением на трубке 40 кВ и током эмиссии 40 мА. Для регистрации отражений применялся энергодисперсионный детектор Sol-X. Использовались щели толщиной 0,1 и 0,2 мм. Для исключения появления на дифрактограмме  $\alpha$ -дублетов, съемка проводилась в медном  $K_\beta$ -излучении ( $\lambda = 0,139127$  нм). С целью получения линий максимальной интенсивности все съемки были проведены в малоугловом диапазоне.

Известно, что при закалке псевдо- $\alpha$  титановых сплавов из двухфазной ( $\alpha+\beta$ )-области, должна формироваться структура, состоящая из определенного количества  $\alpha$ -фазы и  $\alpha'$  ( $\alpha''$ )-мартенсита, объемная доля которого возрастает с ростом температуры нагрева под закалку.

Анализ полученной с закаленного образца ( $T_z = T_{\text{пп}} - 100$  °C) в диапазоне углов 34,0...34,9 ° дифрактограммы (рис. 1, а) позволят выделить две линии первичной  $\alpha$ -фазы с ГПУ-решеткой – от плоскостей (002) и (101) соответственно, кроме того наблюдается несимметричность обоих пиков, особенно наиболее интенсивного – от плоскости (101). Несимметричность указанных пиков в области меньших углов, очевидно, вызвана линиями (002) и (101)  $\alpha'$ -мартенсита, также с ГПУ-решеткой, однако использование оригинальной дифрактограммы не позволяет достоверно определить брегговские углы отражения  $2\Theta$ , дающие несимметричность линий (002) и (101) мартенситной структуры. Кроме того, проведение какого-либо анализа «затыга» интенсивности от линии (101) первичной  $\alpha$ -фазы вообще не представляется возможным.

Исходя из того, что логарифмическая функция является более «чувствительной», дальнейший анализ полученных дифрактограмм проводился после логарифмирования шкалы интенсивностей. В частности, на

дифрактограмме того же образца после логарифмирования (рис. 1, б), можно выделить также и линии (002) и (101)  $\alpha'$ -мартенсита.



Шкала интенсивностей: линейная (а); логарифмическая (б)

Рисунок 1 Дифрактограмма закаленного образца сплава BT18Y ( $T_3=915$  °C)

Кроме того, в диапазоне углов  $38,5...39,0$  ° проявляется линия, характерная по положению для сверхструктурной линии (102) фазы  $\alpha_2$  на основе интерметаллида  $Ti_3Al$ . Гипотеза о наличии выделений  $\alpha_2$ -фазы в близких по химическому составу к BT18Y закаленных титановых сплавах, подтверждается рядом публикаций других исследователей, в которых изучались закаленные образцы методом просвечивающей электронной микроскопии.

Перегиб на кривой интенсивности (рис. 1, б) в районе  $36,62$  ° обусловлен, на наш взгляд, линией (201) от фазы  $\alpha_2$ . Происхождение сильного «затяга» интенсивностей в диапазоне  $36,75...38,5$  ° до конца не выяснено, однако, вероятно, он обусловлен колебаниями химического состава  $\alpha$ -фазы и  $\alpha'$ -мартенсита в структуре сплава.

Влияние температуры закалки на фазовый состав исследуемого сплава показано на рис. 3.

На приведенных дифрактограммах видно, что с повышением температуры нагрева под закалку положения линий изменяются немонотонно. В частности, по смещению линий (002)  $\alpha_{\text{перв}}/\alpha'$  в область меньших углов можно судить, что по мере повышения температуры нагрева в двухфазной ( $\alpha+\beta$ )-области, периоды «с» кристаллических решеток первичной  $\alpha$ -фазы и  $\alpha'$ -мартенсита увеличиваются. Кроме того, при температуре закалки выше  $T_{\text{пп}}$ , на дифрактограмме наблюдаются только линии  $\alpha'$ -мартенсита, линии первичной  $\alpha$ -фазы отсутствуют.

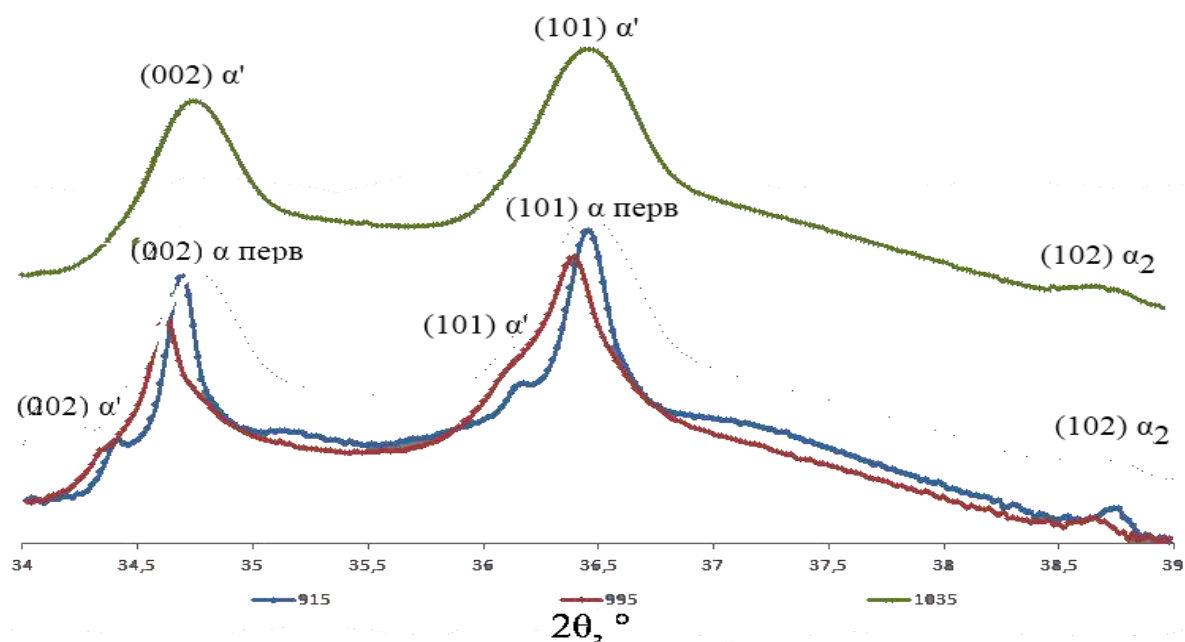


Рисунок 2 Влияние температуры закалки на фазовый состав сплава VT18У

Однако даже после закалки из однофазной  $\beta$ -области, на дифрактограмме присутствует линия  $(102) \alpha_2$ -фазы, при этом ее интенсивность ниже, а уширение выше, чем у аналогичной линии при закалке из двухфазной области.

Существование выделений  $\alpha_2$ -фазы даже после нагрева под закалку в однофазную  $\beta$ -область позволяет утверждать, что вследствие высокой легированности исследуемого сплава VT18У и сравнительно низкой диффузионной подвижности легирующих элементов, при нагревах остаются области с различным содержанием легирующих элементов, прежде всего алюминия, которые являются благоприятными для выделения на них частиц интерметаллида  $Ti_3Al$ . Увеличением времени выдержки до 2-х часов, исключить наличие выделений  $\alpha_2$ -фазы в закаленных образцах в рамках настоящего исследования не удалось.

Кроме того, заметное уменьшение «затяга» в диапазоне углов  $38,5...39,0^\circ$  при повышении температуры нагрева под закалку подтверждает гипотезу о наличии колебаний химического состава в различных областях  $\alpha$ -фазы, которое снижается по мере увеличения температуры закалки.

*Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом Федерального агентства по науке и инновациям № 02.740.11.0160*